

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-320558

(43)Date of publication of application : 04.12.1998

(51)Int.Cl.

G06T 7/00  
G01B 11/00  
G01C 3/06  
H04N 5/225  
H04N 5/232

(21)Application number : 09-131376

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 21.05.1997

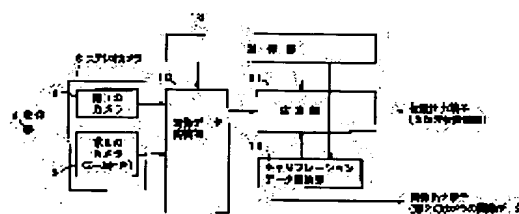
(72)Inventor : OKI MITSU HARU  
TOTSUKA TAKUSHI  
NAKAMURA KYOKO  
ASARI NAOSUKE  
HORI KAWA JUNJI  
NAGANO HIDETOSHI  
ISHII TAKAHIRO  
NOZAKI TAKASHI

(54) CALIBRATION METHOD, CORRESPONDING POINT SEARCH METHOD AND DEVICE THEREFOR, FOCUS DISTANCE DETECTION METHOD AND DEVICE THEREFOR, THREE-DIMENSIONAL POSITION INFORMATION DETECTION METHOD AND DEVICE THEREFOR, AND RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to perform the calibration of an image pickup device made variable in focus distance.

SOLUTION: A stereo camera 8 is composed of a first camera 4 provided with the lens of a fixed focal distance and a second camera 5 provided with the lens of a variable focal distance, and an image data storage part 10 stores image data from the first camera 4 and the second camera 5. An arithmetic part 10 computes three-dimensional position information to an object 9 from the respective image data from the data storage part 10 and a calibration data storage part 12 stores calibration data obtained by a calibration device.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-320558

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) IntCl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/62

4 1 5

G 0 1 B 11/00

G 0 1 B 11/00

H

G 0 1 C 3/06

G 0 1 C 3/06

V

H 0 4 N 5/225

H 0 4 N 5/225

Z

5/232

5/232

A

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願平9-131376

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(22) 出願日

平成9年(1997)5月21日

(72) 発明者 大木 光晴

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 戸塚 卓志

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 中村 恭子

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

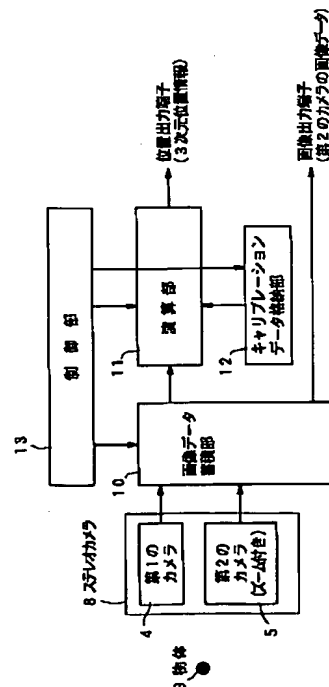
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 キャリブレーション方法並びに対応点探索方法及び装置並びに焦点距離検出方法及び装置並びに3次元位置情報検出方法及び装置並びに記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 焦点距離が変化したときの3次元上の物体の位置情報を得るには、現在の焦点距離を検出するために、ズームレンズに特殊な装置をわざわざ装着しなくてはならなかった。

【解決手段】 ステレオカメラ8は、固定焦点距離のレンズを備えた第1のカメラ4と可変焦点距離のレンズを備えた第2のカメラ5よりなる。画像データ蓄積部10は、第1のカメラ4と第2のカメラ5からの画像データを蓄積する。演算部10は、データ蓄積部10からの各画像データから物体9までの3次元位置情報を演算する。キャリブレーションデータ格納部12は、キャリブレーション装置により得られたキャリブレーションデータを格納している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 焦点距離を可変にして物体を撮像する撮像装置により、複数の特定焦点距離により物体を撮像して得られた 2 次元座標系の投影像の各位置と、上記物体の 3 次元座標系における各位置との位置情報対応関係を求めることを特徴とするキャリブレーション方法。

【請求項 2】 上記複数の特定焦点距離を除く複数の他の焦点距離における上記位置情報対応関係を補間により求めることを特徴とする請求項 1 記載のキャリブレーション方法。

【請求項 3】 基準となる撮像装置と他の撮像装置によって同一物体を撮影し、基準となる撮像装置の 2 次元座標系上の投影像に一致する他の撮像装置の 2 次元座標系上の対応点を探索する対応点探索方法であって、上記他の撮像装置の 2 次元座標系上での対応点の候補を中心とした切り出しブロックの大きさを、上記基準となる撮像装置と上記他の撮像装置との焦点距離の比により変えてから、上記基準となる撮像装置の 2 次元座標系上での投影像を中心とした切り出しブロックと同じ大きさに調整し、二つのブロック間における対応の度合いを求めることで、上記対応点を探索することを特徴とする対応点探索方法。

【請求項 4】 上記二つのブロック間における対応の度合いは、上記二つのブロック間における相関を計算することで求めることを特徴とする請求項 3 記載の対応点探索方法。

【請求項 5】 上記他の撮像装置は複数であることを特徴とする請求項 3 記載の対応点探索方法。

【請求項 6】 基準となる撮像装置と他の撮像装置によって同一物体を撮影し、基準となる撮像装置の 2 次元座標系上の投影像に一致する他の撮像装置の 2 次元座標系上の対応点を探索する対応点探索装置であって、上記他の撮像装置の 2 次元座標系上での対応点の候補を中心とした切り出しブロックの大きさを、上記基準となる撮像装置と上記他の撮像装置との焦点距離の比により変えてから、上記基準となる撮像装置の 2 次元座標系上での投影像を中心とした切り出しブロックと同じ大きさに調整し、二つのブロック間における対応の度合いを求める対応度演算手段を備えることを特徴とする対応点探索装置。

【請求項 7】 上記対応度演算手段は、上記二つのブロック間における相関を計算することで上記二つのブロック間における対応の度合いを求めることを特徴とする請求項 6 記載の対応点探索装置。

【請求項 8】 上記他の撮像装置は複数であることを特徴とする請求項 6 記載の対応点探索装置。

【請求項 9】 基準となる撮像装置と他の撮像装置によって同一物体を撮影し、基準となる撮像装置の 2 次元座標系上の投影像に一致する他の撮像装置の 2 次元座標系上の対応点を探索する対応点探索処理手順を記録してい

る記録媒体であって、

上記他の撮像装置の 2 次元座標系上での対応点の候補を中心とした切り出しブロックの大きさを上記基準となる撮像装置と上記他の撮像装置との焦点距離の比により変える工程と、

上記可変とされた切り出しブロックを上記基準となる撮像装置の 2 次元座標系上での投影像を中心とした切り出しブロックと同じ大きさに調整する工程と、

この調整ブロックと上記投影像を中心とした切り出しブロック間における対応の度合いを求める工程とを有する処理手順を記録していることを特徴とする記録媒体。

【請求項 10】 固定焦点距離のレンズを備えた第 1 の撮像装置と可変焦点距離のレンズを備えた第 2 の撮像装置により同一物体を撮影し、上記第 1 の撮像装置により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 1 の投影像に基づいて、上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求める焦点距離検出方法であって、上記第 2 の撮像装置により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 2 の投影像を上記第 1 の投影像に対しての相関を算出して探索し、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求めることを特徴とする焦点距離検出方法。

【請求項 11】 上記第 1 の投影像は、上記第 1 の撮像装置の 2 次元座標系の中心と上記第 2 の撮像装置の 2 次元座標系の中心とを結ぶ所定領域外から選ぶことを特徴とする請求項 10 記載の焦点距離検出方法。

【請求項 12】 上記第 1 の撮像装置の焦点距離と上記第 2 の撮像装置の焦点距離の比により、上記第 2 の撮像装置の 2 次元座標系上の第 2 の投影像の候補を中心とした切り出しブロックの大きさを変えてから、上記第 1 の投影像を中心とした切り出しブロックと同じ大きさに調整し、二つのブロック間における対応の度合いにより、上記第 2 の投影像を探索し、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求めることを特徴とする請求項 10 記載の焦点距離検出方法。

【請求項 13】 固定焦点距離のレンズを備えた第 1 の撮像装置と可変焦点距離のレンズを備えた第 2 の撮像装置により同一物体を撮影し、上記第 1 の撮像装置により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 1 の投影像に基づいて、上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求める焦点距離検出装置であって、

上記第 2 の撮像装置により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 2 の投影像を上記第 1 の投影像に対しての相関を算出して探索し、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を算出する焦点距離演算手段を備えることを特徴とする焦点距離検出装置。

【請求項 14】 上記第 1 の投影像は、上記第 1 の撮像装置の 2 次元座標系の中心と上記第 2 の撮像装置の 2 次元座標系の中心とを結ぶ所定領域外から選ぶことを特徴とする請求項 13 記載の焦点距離検出装置。

【請求項 15】 上記焦点距離演算手段は、上記第 1 の撮像装置の焦点距離と上記第 2 の撮像装置の焦点距離の比により、上記第 2 の撮像装置の 2 次元座標系上の第 2 の候補を中心とした切り出しブロックの大きさを変えてから、上記第 1 の投影像を中心とした切り出しブロックと同じ大きさに調整し、二つのブロック間における対応の度合いにより、上記第 2 の投影像を探索し、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を算出することを特徴とする請求項 13 記載の焦点距離検出装置。

【請求項 16】 固定焦点距離のレンズを備えた第 1 の撮像装置と可変焦点距離のレンズを備えた第 2 の撮像装置により同一物体を撮影し、上記第 1 の撮像装置により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 1 の投影像に基づいて、上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求める焦点距離検出処理手順を記録している記録媒体であって、上記第 2 の撮像装置により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 2 の投影像を上記第 1 の投影像に対しての相関を算出して探索する工程と、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求める工程とを有する処理手順を記録していることを特徴とする記録媒体。

【請求項 17】 固定焦点距離のレンズを備えた第 1 の撮像装置と可変焦点距離のレンズを備えた第 2 の撮像装置とにより同一の物体を撮影し、この物体の 3 次元座標系での位置を検出する 3 次元座標位置検出方法であって、上記第 2 の撮像装置により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 2 の投影像を上記第 1 の投影像に対しての相関を算出して探索し、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求め、この焦点距離より上記物体の 3 次元位置を検出することを特徴とする 3 次元位置情報検出方法。

【請求項 18】 上記固定焦点距離のレンズを備えた第 1 の撮像装置を複数用いて上記物体の 3 次元座標系での位置を検出することを特徴とする請求項 17 記載の 3 次元位置情報検出方法。

【請求項 19】 上記第 1 の撮像装置の焦点距離と上記第 2 の撮像装置の焦点距離の比により、上記第 2 の撮像装置の 2 次元座標系上の第 2 の投影像の候補を中心とした切り出しブロックの大きさを変えてから、上記第 1 の投影像を中心とした切り出しブロックと同じ大きさに調整し、二つのブロック間における対応の度合いにより、上記第 2 の投影像を探索し、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求め、この焦点距離より上記物体の 3 次元位置を検出することを特徴とする請求項 17 記載の 3 次元位置情報検出方法。

【請求項 20】 固定焦点距離のレンズを備えた第 1 の撮像装置と可変焦点距離のレンズを備えた第 2 の撮像装置とにより同一の物体を撮影し、この物体の 3 次元座標系での位置を検出する 3 次元座標位置検出装置であつ

て、

上記第 2 の撮像装置により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 2 の投影像を上記第 1 の投影像に対しての相関を算出して探索し、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求め、この焦点距離より上記物体の 3 次元位置を検出する 3 次元位置情報演算手段を備えることを特徴とする 3 次元位置情報検出装置。

【請求項 21】 上記固定焦点距離のレンズを備えた第 1 の撮像装置を複数用いて上記物体の 3 次元座標系での位置を検出することを特徴とする請求項 20 記載の 3 次元位置情報検出装置。

【請求項 22】 上記 3 次元位置情報演算手段は、上記第 1 の撮像装置の焦点距離と上記第 2 の撮像装置の焦点距離の比により、上記第 2 の撮像装置の 2 次元座標系上の第 2 の投影像の候補を中心とした切り出しブロックの大きさを変えてから、上記第 1 の投影像を中心とした切り出しブロックと同じ大きさに調整し、二つのブロック間における対応の度合いにより、上記第 2 の投影像を探索し、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求め、この焦点距離より上記物体の 3 次元位置を演算することを特徴とする請求項 20 記載の 3 次元位置情報検出装置。

【請求項 23】 固定焦点距離のレンズを備えた第 1 の撮像装置と可変焦点距離のレンズを備えた第 2 の撮像装置とにより同一の物体を撮影し、この物体の 3 次元座標系での位置を検出する 3 次元座標位置検出処理手順を記録している記録媒体であって、上記第 2 の撮像装置により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 2 の投影像を上記第 1 の投影像に対しての相関を算出して探索する工程と、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求める工程と、この焦点距離より上記物体の 3 次元位置を検出する工程とを有する処理手順を記録していることを特徴とする記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば、CCD カメラなどを複数台用いた、いわゆるステレオカメラシステムに用いて好適なキャリブレーション方法、並びに基準となる撮像装置と他の撮像装置によって同一物体を撮影し、基準となる撮像装置の 2 次元座標系上の投影像に一致する他の撮像装置の 2 次元座標系上の対応点を探索する対応点探索方法及び装置、並びに固定焦点距離のレンズを備えた第 1 の撮像装置と可変焦点距離のレンズを備えた第 2 の撮像装置により同一物体を撮影し、上記第 1 の撮像装置により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 1 の投影像に基づいて、上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求める焦点距離検出方法及び装置、並びに固定焦点距離のレンズを備えた第 1 の撮像装置と可変焦点

10

20

30

40

50

距離のレンズを備えた第2の撮像装置とにより同一の物体を撮影し、この物体の3次元座標系での位置を検出する3次元座標位置検出方法及び装置、並びに上記各方法の処理手順を記録している記録媒体に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】ビデオカメラ（以下、適宜、単にカメラという）を例えば2台などの複数台用いて、いわゆるステレオカメラを構成し、各カメラにより、3次元空間内の物体を撮像して、その撮像の結果得られる2次元画像から、物体の3次元空間における位置情報を得る3次元位置情報検出装置として、ステレオカメラシステムが、従来より知られている。

【0003】ステレオカメラシステムについては、例えば、出口光一郎「コンピュータビジョンのための幾何学：2. ステレオの仕掛けを解き明かす」情報処理、Vol. 37, no. 7, pp. 662-670, 1996年7月などに、その詳細が開示されている。

【0004】ステレオカメラシステムでは、3次元空間の位置情報を得ようとする対象の物体（対象物体）を、複数のカメラで撮影した時に、各カメラにおける、例えばCCCDなどの光電変換素子の受光面（以下、適宜、スクリーンという）上に投射される対象物体の位置情報から、その対象物体の3次元空間における位置情報を特定できる。従って、3次元空間内のある位置に存在する物体の位置情報と、その位置に対象物体があるときに、その対象物体が各カメラのスクリーン上に投影される位置の位置情報との対応関係（位置情報対応関係）を、予め求めておく必要がある。この位置情報対応関係を求めることをキャリブレーションという。

【0005】先ず、このキャリブレーションについて説明する。図14には、キャリブレーションを行うキャリブレーション装置を示す。

【0006】図14において、パイプ101及び102は、3次元空間において、同一平面に含まれて、かつ平行になるように配置されており、台車103は、このパイプ101及び102に沿って滑らかに移動することができるように設置されている。そして、台車103には、ステレオカメラを構成するカメラ104及び105が取り付けられている。

【0007】パイプ101及び102には目盛が記されており、台車103がスライドした量が測定できるようになっている。台車103がスライドする方向と垂直に、正方格子模様を書かれた平板106が設置されている。図14に示すように、正方格子の横方向をx軸、縦方向をy軸とし、スライドする方向、即ち正方格子に対して垂直方向をz軸とする。この平板106よりカメラ側が、 $z > 0$ である。このような、x軸、y軸及びz軸よりなる3次元座標をワールド座標と定義する。

【0008】キャリブレーションの測定は、カメラ104及び105を載せた台車103の位置をずらして、平

板106を2箇所から撮影して行われる。図15は、2箇所から撮影した場合の説明図であり、図14の装置を真上から見た図である。

【0009】先ず、カメラ104及びカメラ105を、ある位置 $P_1$ に固定して、平板106を、正方格子が映るように撮影し、その後、カメラ104及び105を台車103のスライドにより他の位置 $P_2$ に距離 $L$ だけ移動し、再度、平板106を撮影する。なお、この図15では、カメラ104及び105を、平板106から遠ざかる方向にスライドさせているが、そのスライド方向は、逆であってもよい。

【0010】このように、カメラ104及び105をスライドして平板106を撮影することにより得られた2次元画像は、図16に示すように、カメラ104及び105を固定して、平板106をスライドしても得ることができる。

【0011】すなわち、図16に示すように、カメラ104及び105を、ある位置 $P_1$ に固定して、平板106を、その正方格子が映るように撮影し、その後、平板106をz軸に沿って、カメラ104及び105から遠ざかる方向に、距離 $L$ だけ、スライドさせ、その位置で、再度、平板106を撮影することによっても、同様の2次元画像を得ることができる。

【0012】この図16において、距離 $L$ だけ遠ざける前の平板106上に描かれた正方格子（第1の正方格子 $Q_1$ ）の左下隅を原点とし、ワールド座標の原点とすると、この平板106の第1の正方格子 $Q_1$ において、 $(i, j)$ の位置はワールド座標において $(i, j, 0)$ となる。また、長さ $L$ だけスライドさせた後の平板106の正方格子（第2の正方格子 $Q_2$ ）において $(i, j)$ の位置はワールド座標において $(i, j, -L)$ となる。

【0013】図17は、カメラ104と平板106上の第1の正方格子 $Q_1$ と第2の正方格子 $Q_2$ を示した図である。カメラ104の光学中心が $O_1$ であり、例えばCCD111などの受光面となるスクリーン上に対象物体の位置情報が投影される。例えば、CCD111上の座標位置 $(h, k)$ には、第1の正方格子 $Q_1$ における座標位置 $(p, q)$ が写し出され、かつ、第2の正方格子 $Q_2$ における座標位置 $(r, s)$ が写し出されたとする。なお、各正方格子の各縦線、横線の交点以外の場所は、補間により、その座標を求めることが可能である。

【0014】これをワールド座標を用いて、説明し直すと、CCD111上の座標位置 $(h, k)$ には、3次元上の座標位置 $(p, q, 0)$ と $(r, s, -L)$ が写し出される。すなわち、2次元上の座標位置 $(h, k)$ と3次元上の座標位置 $(p, q, 0)$ と $(r, s, -L)$ とを結ぶ直線を $l$ とすると、この直線 $l$ 上の点は、全て、CCD111上の座標位置 $(h, k)$ に写し出されることが分かる。

【0015】したがって、直線 $l$ は、3次元空間における物体の位置情報（ここでは、ワールド座標系における座標）と、その物体を撮像して得られる2次元画像の位置情報（ここでは、CCD111上の2次元座標系における座標）との対応関係（位置情報対応関係）を表すことになる。

【0016】この直線 $l$ は、

$$(x-r)/(p-r) = (y-s)/(q-s) = (z+L)/L$$

として求めることができる。

【0017】直線 $l$ を求めるのと同様に、CCD111上の2次元座標系における他の座標位置についても、そこに投射される3次元空間上の点の集合としての直線を求める。さらに、同様のことを、カメラ105についても行う。

【0018】以上のようにして、カメラ104及び105についての直線すべてを求めることで、ステレオカメラシステムのキャリブレーションを終了する。

【0019】このようにしてキャリブレーションが行われたステレオカメラシステムでは、次のようにして、3次元空間にある物体の位置情報を求めることができる。

【0020】まず、ステレオカメラで物体を撮影する。すると、例えば、図18に示すように、カメラ104のスクリーン（CCD）111の座標位置（ $a$ 、 $b$ ）に物体が写し出されたとする。キャリブレーションにおいて、座標位置（ $a$ 、 $b$ ）に対応するワールド座標系における直線 $l_1$ は求まっているので、ワールド座標系におけるこの直線 $l_1$ 上に物体は存在することになる。

【0021】また、カメラ105のスクリーン（CCD）112の各位置に対応するワールド座標系における直線も、キャリブレーションにおいて求まっている。従って、これら直線の内、上記直線 $l_1$ と交点を持つ、直線を選び出すことが可能である。この選び出された直線は、図中の $l_{13_1}$ 、 $l_{13_2}$ 、 $l_{13_i}$ …である。

【0022】直線 $l_{13_i}$ に対応する、カメラ105のスクリーン112の点は、 $l_{14_i}$ である。同様に、 $l_{13_2}$ に対応する点は $l_{14_2}$ であり、 $l_{13_i}$ に対応する点は $l_{14_i}$ である。他も同様である。従って、これから分かるように、これら全ての直線 $l_{13_i}$ 、 $l_{13_2}$ 、 $l_{13_i}$ …に対応する、カメラ105のスクリーン112の点 $l_{14_i}$ 、 $l_{14_2}$ 、 $l_{14_i}$ …を集めると、図18の115という直線になる。この直線115は、一般に、エピポーラライン（Epipolar Line）と呼ばれている。

【0023】上述したように、カメラ104のスクリーン111の座標位置（ $a$ 、 $b$ ）に写った物体は、直線 $l_1$ 上のどこかにある。従って、カメラ105のスクリーン112上では、エピポーラライン115上のどこかにその物体が投影されるはずである。従って、このエピポーラライン115上で、物体の投影像を探索していけば

良い。例えば、エピポーラライン115上の点（ $c$ 、 $d$ ）に、その投影像があれば、点（ $c$ 、 $d$ ）に対応する直線 $l_2$ が判別する。この直線 $l_2$ は、直線 $l_{13_1}$ 、 $l_{13_2}$ 、 $l_{13_i}$ …の内の1つである。後は、直線 $l_1$ と、直線 $l_2$ の交点をワールド座標系で求めることにより、物体の3次元における位置116を知ることが出来る。

【0024】ここで、スクリーン111上の座標位置（ $a$ 、 $b$ ）に対応するスクリーン112上のエピポーラライン115上の、対応点の探索の仕方について説明する。通常、ブロックマッチングという方法により、探索される。例えば、カメラ104のスクリーン111の座標位置（ $a$ 、 $b$ ）を中心として4画素×4画素というブロックを取り出す。次に、カメラ105のスクリーン112のエピポーラライン115上のある点に着目して、その点を中心として4画素×4画素というブロックを取り出す。そして、この2つのブロック同士の相関を計算する。この相関の計算としては、例えば各画素の差分絶対値和を求める方法を用いることができる。

【0025】エピポーラライン115上の全ての点において上記差分絶対値和を計算し、一番相関のとれている点を求め、物体の投影点とする。なぜなら、その物体が、カメラ104のスクリーン111に投影された像、すなわち座標位置（ $a$ 、 $b$ ）を中心とした4画素×4画素と、カメラ105のスクリーン112に投影された像、すなわち座標位置（ $c$ 、 $d$ ）を中心とした4画素×4画素とは似ている画像になっているからである。

【0026】ところで、ここまで説明してきたステレオカメラシステムで使用する2つのカメラの焦点距離は常に固定していた。つまり、焦点距離を変化させるようなズームレンズを使用することはなかった。

【0027】近年、例えば、本当の人物をカメラで撮影して、その撮影画像に対してCG（コンピュータグラフィック）で作られたロボットを人物の横に位置するように合成しようとするバーチャル技術が広く知られるようになった。この時、人間の3次元上での位置と、ロボットの仮想的な3次元上での位置関係を正確に合わせないと、合成画像は不自然に見える。そこで、人物の位置を3次元上で正確に測定しなくてはならないが、この時、上記ステレオカメラシステムを使用して測定する。そして、合成の為に使用する、人間の写っている画像データは、ステレオカメラシステムの片方のカメラ（例えば、第2のカメラ）の画像を使用する。つまり、ステレオカメラを使用すれば、一度に、人間の写っている画像データと、その人間の3次元上での位置が求まる。後は、ロボットが3次元上で人間の横にいと仮定した時にカメラに写るロボットの投影像を、第2のカメラの画像に合成すれば良い。このような、バーチャル技術を使って撮影を行うバーチャルスタジオでは、当然、人物をズームインあるいはズームアウトして撮ったりするので、上記

ステレオカメラの内、第2のカメラにはズームレンズが必要となる。このように、ズームレンズを使用したステレオカメラは必要である。

【0028】しかし、ズームレンズを使用すると、焦点距離が変わってしまい、当然、スクリーンの各点に対応する、ワールド座標系における直線（図18における $113_1, 113_2, 113_3, \dots$ ）が変化してしまう。言い換えれば、エピポーライン115は焦点距離に依存しているので、どのように対応点を探索するのかという方法が不明であった。

【0029】もちろん、ズームレンズに特殊な装置を付けて、現在の焦点距離を検出できるようにすれば対処できる。つまり、その時刻における焦点距離が分かれば、その焦点距離に対応するエピポーラインを求めて、そのライン上で探索を行えば良い。

【0030】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、焦点距離が変化したときの3次元上の物体の位置情報を得るには、上述したように、現在の焦点距離を検出するために、ズームレンズに特殊な装置をわざわざ装着しなくてはならなかった。

【0031】本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、焦点距離を可変する撮像装置のキャリブレーションを可能とするキャリブレーション方法の提供を目的とする。

【0032】また、本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、焦点距離が異なる撮像装置間での2次元座標系上での物体の投影像の一致を検出できる対応点探索方法及び装置の提供を目的とする。

【0033】また、本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、固定焦点距離のレンズを備えた第1の撮像装置と可変焦点距離のレンズを備えた第2の撮像装置により同一物体を撮影し、上記第1の撮像装置により物体を撮像して得られた2次元座標系上の第1の投影像に基づいて、上記第2の撮像装置の焦点距離を求めることができる焦点距離検出方法及び装置の提供を目的とする。

【0034】また、本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、固定焦点距離のレンズを備えた第1の撮像装置と可変焦点距離のレンズを備えた第2の撮像装置とにより同一の物体を撮影し、この物体の3次元座標系での位置を検出できる3次元座標位置検出方法及び装置の提供を目的とする。

【0035】また、本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、上記対応点探索方法、上記焦点距離検出方法及び上記3次元位置情報検出方法を実現する各処理手順を記録している記録媒体の提供を目的とする。

【0036】

【課題を解決するための手段】本発明に係るキャリブレーション方法は、上記課題を解決するために、焦点距離

を可変にして物体を撮像する撮像装置により、複数の特定焦点距離により物体を撮像して得られた2次元座標系の投影像の各位置と、上記物体の3次元座標系における各位置との位置情報対応関係を求める。具体的には、いくつかの焦点距離におけるキャリブレーションを行い、残りの焦点距離におけるキャリブレーションは補間により求める。

【0037】また、本発明に係る対応点探索方法及び装置は、上記課題を解決するために、他の撮像装置の2次元座標系上での対応点の候補を中心とした切り出しブロックの大きさを、基準となる撮像装置と上記他の撮像装置との焦点距離の比により変えてから、上記基準となる撮像装置の2次元座標系上での投影像を中心とした切り出しブロックと同じ大きさに調整し、二つのブロック間における対応の度合いを求めることで、上記対応点を探す。

【0038】また、本発明に係る焦点距離検出方法及び装置は、上記課題を解決するために、第2の撮像装置により物体を撮像して得られた2次元座標系上の第2の投影像を第1の撮像装置により物体を撮像して得られた2次元座標系上の第1の投影像に対しての相関を算出して探索し、その探索結果から上記第2の撮像装置の焦点距離を求める。

【0039】また、本発明に係る3次元位置情報検出方法及び装置は、上記課題を解決するために、第2の撮像装置により物体を撮像して得られた2次元座標系上の第2の投影像を第1の撮像装置により物体を撮像して得られた2次元座標系上の第1の投影像に対しての相関を算出して探索し、その探索結果から上記第2の撮像装置の焦点距離を求め、この焦点距離より上記物体の3次元位置を検出する。

【0040】また、本発明に係る記録媒体は、上記課題を解決するために、他の撮像装置の2次元座標系上での対応点の候補を中心とした切り出しブロックの大きさを基準となる撮像装置と上記他の撮像装置との焦点距離の比により変える工程と、上記可変とされた切り出しブロックを上記基準となる撮像装置の2次元座標系上での投影像を中心とした切り出しブロックと同じ大きさに調整する工程と、この調整ブロックと上記投影像を中心とした切り出しブロック間における対応の度合いを求める工程とを有する処理手順を記録している。

【0041】また、本発明に係る記録媒体は、上記課題を解決するために、第2の撮像装置により物体を撮像して得られた2次元座標系上の第2の投影像を第1の撮像装置により物体を撮像して得られた2次元座標系の第1の投影像に対しての相関を算出して探索する工程と、その探索結果から上記第2の撮像装置の焦点距離を求める工程とを有する処理手順を記録している。

【0042】また、本発明に係る記録媒体は、上記課題を解決するために、第2の撮像装置により物体を撮像し

て得られた2次元座標系上の第2の投影像を第1の撮像装置により物体を撮像して得られた2次元座標系上の第2の投影像に対しての相関を算出して探索する工程と、その探索結果から上記第2の撮像装置の焦点距離を求める工程と、この焦点距離より上記物体の3次元位置を検出する工程とを有する処理手順を記録している。

#### 【0043】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るキャリブレーション方法の実施の形態について説明する。この実施の形態は、本発明に係るキャリブレーション方法を用いて、いくつかの焦点距離におけるキャリブレーションを行うキャリブレーション装置である。

【0044】図1に示すようにこのキャリブレーション装置は、1つの固定焦点距離のカメラ4（以下、適宜、第1のカメラという）と、1つのズーム機能付きカメラ（以下、適宜、第2のカメラという）5より成るステレオカメラのキャリブレーションを行う装置である。

【0045】このキャリブレーション装置は、3次元空間において、同一平面に含まれ、かつ平行に配置されるパイプ1及び2と、このパイプ1及び2に沿って滑らかに移動する台車3と、台車3がスライドする方向と垂直に設置され、正方格子模様が書かれた平板6とを備えている。

【0046】パイプ1及び2には目盛が記されており、台車3がスライドした量が測定できるようになっている。また、台車3は、上記ステレオカメラを載せてパイプ1及び2をスライドする。

【0047】平板6に書かれている正方格子の横方向をx軸、縦方向をy軸とし、スライドする方向、即ち正方格子に対して垂直方向をz軸とする。平板6よりカメラ側が、 $z > 0$ である。

【0048】このような構成の、図1に示したキャリブレーション装置は、ズーム機能付きカメラである第2のカメラ5を載せる点を除けば、上記図14に示したキャリブレーション装置と同様であり、スライドの仕方、3次元座標の取り方も同じである。

【0049】実際のキャリブレーションの測定は、第1のカメラ4及び第2のカメラ5を載せた台車3の位置をずらして、平板6の正方格子を撮影しながら行われる。

【0050】ここで、図14から図16を導いたのと同様に、図1のキャリブレーション装置において、台車3を距離Lだけスライドさせることで、第1のカメラ4及び第2のカメラ5を基準として、図2に示す平板6上の第1の正方格子 $Q_1$ と第2の正方格子 $Q_2$ を撮影することが出来る。また、ワールド座標の取り方も同じである。

【0051】第1のカメラ4のスクリーン（CCD面）の各座標位置に写る、3次元上の物体は、ワールド座標系におけるどの直線上に存在する物体であるかは上記図17を使って説明したように判別できる。つまり、第1のカメラ4のスクリーンの各点と、ワールド座標系にお

ける直線との対応関係が求まる。

【0052】次に、ズーム機能付きカメラである第2のカメラ5の焦点距離を特定の焦点距離（ $f_1$ とする）にセットして、キャリブレーションを測定する。即ち、焦点距離を $f_1$ にセットしたら、焦点距離を動かさずに台車3を距離Lだけスライドさせる。これにより焦点距離 $f_1$ のときの第2のカメラ5については、従来と同様に、キャリブレーションを行うことが出来る。すなわち、焦点距離 $f_1$ のときの第2のカメラ5のスクリーンの各点と、ワールド座標系における直線との対応関係が求まる。但し、この対応関係は、焦点距離が $f_1$ であるという条件下での関係である。

【0053】次に、台車3を元の位置にスライドして戻す。そして、第2のカメラ5の焦点距離を別の特定の焦点距離（ $f_2$ とする）にセットして、キャリブレーションを測定する。即ち、焦点距離を $f_2$ にセットしたら、焦点距離を動かさずに台車3を距離Lだけスライドさせる。これにより、キャリブレーションを行うことが出来る。つまり、焦点距離 $f_2$ のときの第2のカメラ5のスクリーンの各点と、ワールド座標系における直線との対応関係が求まる。但し、この対応関係は、焦点距離が $f_2$ であるという条件下での関係である。同様に、キャリブレーション装置を用いて、第2のカメラ5の幾つかの焦点距離（ $f_3$ 、 $f_4$ 、...）でも、キャリブレーションを行う。

【0054】以上により、第1のカメラ4のスクリーンの各点と、ワールド座標系における直線との対応関係が求まる。また、第2のカメラ5の焦点距離が $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ 、...の場合の、第2のカメラ5のスクリーンの各点と、ワールド座標系における直線との対応関係が求まる。

【0055】また、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ ...以外の焦点距離におけるキャリブレーションは、焦点距離 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ ...におけるスクリーンの各点とワールド座標系における直線との対応関係より補間で求められる。

【0056】すなわち、本発明に係るキャリブレーション方法を適用した上記キャリブレーション装置によれば、ズームレンズを用いたカメラを1個備えたステレオカメラのキャリブレーションを、特殊な装置を付加することなく確実に行うことができる。

【0057】なお、本発明に係るキャリブレーション方法は、一つの固定焦点距離のカメラ4と、一つのズーム機能付きカメラ5よりなるステレオカメラの図1に示したキャリブレーション装置に適用が限定されるものではなく、図3に示すように、二つの固定焦点距離のカメラ（第1のカメラ）4及び（第3のカメラ）7と、一つのズーム機能付きカメラ（第2のカメラ）5よりなるステレオカメラのキャリブレーション装置に適用されてもよい。



【0058】この図3に示すキャリブレーション装置での実際のキャリブレーションの測定は、固定焦点距離のカメラである第1のカメラ4及び第3のカメラ7と、この第1のカメラ4と第3のカメラ7に挟まれて位置するズーム機能付きカメラである第2のカメラ5を載せた台車3の位置をずらして、平板6の正方格子を撮影しながら行われる。

【0059】ここで、図14から図16を導いたのと同様に、図3のキャリブレーション装置において、台車3を距離だけスライドさせることで、第1のカメラ4、第2のカメラ5及び第3のカメラ7を基準として、図4に示す平板6上の第1の正方格子 $Q_1$ と第2の正方格子 $Q_2$ を撮影することが出来る。また、ワールド座標の取り方も同じである。

【0060】後は、上記図2を用いて説明した第1のカメラ4及び第2のカメラ5のそれぞれのスクリーンの各点と、ワールド座標系における直線との関係に、新たに図4に示すように、第3のカメラ7のスクリーンの各点と、ワールド座標における直線との関係を加えればよい。

【0061】これで、本発明に係るキャリブレーション方法を適用したキャリブレーション装置による、いくつかの焦点距離におけるキャリブレーションは終わる。

【0062】このようにキャリブレーションされたステレオカメラを使用して、実際の物体を撮影する。なお、図1及び図3では、説明を省略していたが、図中の複数のカメラは一体化されており、キャリブレーション装置から取り外して、実際の物体を撮影する場合でも、カメラ同士の位置関係は保つことが出来る。

【0063】次に、上記キャリブレーション方法を適用したキャリブレーション装置により求めたキャリブレーションを使って、3次元空間における物体の位置を求める3次元位置情報検出方法及び装置の実施の形態について説明する。

【0064】この実施の形態は、図5に示すような構成であり、一つの固定焦点距離のカメラである第1のカメラ4と、一つのズーム機能付きカメラである第2のカメラ5よりなるステレオカメラ8で撮影した画像データより、撮影された物体9までの距離を測定し、その3次元位置情報を位置出力端子から、また第2のカメラ5からの画像データを画像出力端子から出力する3次元位置情報検出装置である。この3次元位置情報検出装置が、上記3次元位置情報検出方法を適用して、上記3次元位置情報を得る過程では、本発明に係る対応点探索方法並びに焦点距離検出方法の技術を使用する。

【0065】この3次元位置情報検出装置は、上記第1のカメラ4と第2のカメラ5よりなるステレオカメラ8と、第1のカメラ4と第2のカメラ5からの画像データを蓄積する画像データ蓄積部10と、このデータ蓄積部10からの各画像データから最終的に物体9までの3次

元位置情報を演算する演算部11と、図1に示したキャリブレーション装置により得られたキャリブレーションデータを格納しているキャリブレーションデータ格納部12と、制御部13とを備えてなる。

【0066】キャリブレーションデータ格納部12に格納されているキャリブレーションデータは、図1に示したキャリブレーション装置によって、予め第1のカメラ4のスクリーンの各点と、ワールド座標系における直線との対応関係、第2のカメラ5の各焦点距離の場合の、第2のカメラ5のスクリーンの各点と、ワールド座標系における直線との対応関係を求めて得られたキャリブレーションデータである。このキャリブレーションデータには、第2のカメラ5の各焦点距離の場合の、ワールド座標系における直線との対応関係を示すデータが含まれるので、第2のカメラ5の各焦点距離が分かれば、上記物体までの3次元位置情報を求めることができる。

【0067】しかし、ステレオカメラ8を用いて、幾つかの物体を撮影した時、第2のカメラ5の焦点距離は不明である。この焦点距離を求めるため、従来は、レンズに特殊な装置を付けて、機械的に焦点距離を測定していたが、この3次元位置情報検出装置では、本発明に係る焦点距離検出方法を用いて、画像処理により焦点距離を求めるようにしている。

【0068】以下、上記3次元位置情報検出装置の動作を、図6のフローチャートを参照しながら説明していくが、先ず、画像処理により第2のカメラ5の焦点距離を求める本発明に係る焦点距離検出方法について説明しておく。この焦点距離検出方法は、制御部13の制御により演算部11によって実行される。

【0069】この焦点距離検出方法は、第1のカメラ4により得られた第1の画像と、第2のカメラにより得られた第2の画像を取り出し、この第1の画像内の特定ポイントに対応する第2の画像内の対応点を探索し、その探索結果から第2のカメラの焦点距離を求める。

【0070】すなわち、固定焦点距離のレンズを備えた第1のカメラ4と可変焦点距離のレンズを備えた第2のカメラ5により同一の物体を撮影し、第1のカメラ4により物体を撮像して得られた2次元座標系上の第1の投影像に基づいて、第2のカメラ5の焦点距離を求める焦点距離検出方法であり、第2のカメラ5により物体を撮像して得られた2次元座標系上の第2の投影像を第1の投影像に対しての相関を算出して探索し、その探索結果から第2のカメラ5の焦点距離を求める。

【0071】ここで、第1の画像内の特定ポイントは、第1のカメラ4のスクリーンの中心と第2のカメラ5のスクリーンの中心とを結ぶ所定領域外から選ぶ必要がある。すなわち、図7に示すように、第1のカメラ4のスクリーン14に写し出された物体9の投影像の内、第1のカメラ4と第2のカメラ5を結ぶ方向15以外の部分を選ぶ。第1のカメラ4と第2のカメラ5を結ぶ方向1

10

20

30

40

50

5に写し出される部分とは、図7に示す斜線部分16である。

【0072】2つのカメラの位置が水平であれば、第1のカメラ4のスクリーン14の中心を通過して水平方向の部分が、第1のカメラ4と第2のカメラ5を結ぶ方向となる。

【0073】ここで、なぜ、第1のカメラ4と第2のカメラ5を結ぶ方向15に写し出される部分16以外の部分から選ぶかについての理由は後述する。

【0074】上記条件に従って、制御部13は演算部11に演算を実行させ、図6のフローチャートのステップS1で物体9の第1のカメラ4のスクリーン14上の座標位置を図8に示すように(a, b)として求める。この座標位置(a, b)は、図7の斜線部16以外の場所にある。

【0075】次に、ステップS2で座標位置(a, b)に対応するワールド座標系における直線 $l_1$ をキャリブレーション格納部12のデータを参照しながら求める。

【0076】次に、ステップS3で、第2のカメラ5の焦点距離を例えば $f_1$ に設定する。焦点距離が $f_1$ であるとしたときの、第2のカメラ5のスクリーン17の各位置に対応するワールド座標系における直線も、上記キャリブレーション装置により求められキャリブレーションデータ格納部12に格納されている。

【0077】従って、これら直線の内、前記直線 $l_1$ と交点を持つ、直線を選び出すことが可能である。この選び出された直線は、図8中の $18_1$ 、 $18_2$ 、 $18_3$ である。直線 $18_1$ に対応する、第2のカメラ5のスクリーン17の点は、 $19_1$ である。同様に、直線 $18_2$ に対応する点は $19_2$ であり、直線 $18_3$ に対応する点は $19_3$ である。他も同様である。従って、これらから分かるように、これら全ての直線 $18_1$ 、 $18_2$ 、 $18_3$ に対応する、第2のカメラ5のスクリーン17の点 $19_1$ 、 $19_2$ 、 $19_3$ を集めると、直線 $20f_1$ になる。この直線 $20f_1$ は、焦点距離が $f_1$ であるとしたときのエピポーララインである。

【0078】このように、演算部11は、制御部13の制御により、ステップS4で、第2のカメラ5の焦点距離として、ステップS3で設定された焦点距離と仮定した場合の、エピポーララインを求める。

【0079】次に、ステップS5で、ステップS4で求めたエピポーラライン上で上記座標位置(a, b)に対しての相関を算出する。

【0080】次に、ステップS6により全ての焦点距離について相関を調べたか否かを判定し、未だであれば、ステップS9で別の焦点距離に設定しながら、ステップS4、ステップS5を繰り返し、各焦点距離と仮定した場合の各エピポーラライン上で上記座標位置(a, b)に対しての相関を算出する。

【0081】そして、ステップS7で相関が一番強かったときの、第2のカメラ5のスクリーン17上の位置を求め、その時の焦点距離から、物体の3次元上の位置を算出する。

【0082】最後に、ステップS8で物体の位置を位置出力端子から出力すると共に、第2のカメラ5からの画像データを画像データ蓄積部10を介して、画像出力端子から出力する。

【0083】なお、第1のカメラ4のスクリーン14の点(a, b)の位置に対応する第2のカメラ5のスクリーン17上での、焦点距離が $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ ...であるとしたときの、エピポーララインを最初に求めてから、各エピポーラライン上で相関をとってもよい。

【0084】図9には、第2のカメラ5のスクリーン17上に、焦点距離が $f_1$ であるとしたときのエピポーラライン $20f_1$ と、焦点距離が $f_2$ であるとしたときのエピポーラライン $20f_2$ と、焦点距離が $f_3$ であるとしたときのエピポーラライン $f_3$ とが得られる様子を示す。

【0085】そして、この図9に示す全ての直線上の全ての個所で、第1のカメラ4のスクリーン14上の点(a, b)と同じ画像データを探索する。これは、2次元上での探索となる。例えば、第2のカメラ5のスクリーン17上の点(c, d)の位置の画像データが同じであるとすると、第2のカメラ5の焦点距離は $f_2$ であることが分かる。なぜなら、点(c, d)はエピポーラライン上になくはないが、点(c, d)を含むエピポーラライン $20f_2$ は、焦点距離が $f_2$ のときのものだからである。

【0086】ここで、なぜ、「第1のカメラ4のスクリーン14に写し出された物体9の投影像の内、第1のカメラ4と第2のカメラ5を結ぶ方向15以外の部分、すなわち領域16を除いた部分から、図8に示すように点(a, b)を選ぶ」ということについて述べておく。もし、図7の斜線部分16内の点を選んでしまうと、これに対応する第2のカメラ5のスクリーン17上のエピポーララインが、焦点距離によらずに同じになってしまうからである。つまり、図9に示したエピポーラライン $20f_1$ 、 $20f_2$ 、 $20f_3$ が同一の直線になってしまう。これでは、第1のカメラ4のスクリーン14の点(a, b)に対応する、第2のカメラ5のスクリーン17上の点を探索しても、その結果から、焦点距離を求めることが出来ないからである。

【0087】次に、第2のカメラ5のスクリーン17上の各エピポーラライン $20f_1$ 、 $20f_2$ 、 $20f_3$ 上で、第1のカメラ4のスクリーン14上の点(a, b)に対応する画像データの位置を探索する方法について詳しく説明する。この方法は、図6のステップS5での処理に適用される。

【0088】この探索方法では、ブロックマッチングを用いている。しかし、焦点距離が、第1のカメラ4と第

2のカメラ5で違えば、対応するブロックの大きさも変わってしまう。例えば、ある物体が、第1のカメラ4のスクリーン14の4画素×4画素に写っているとすると、第2のカメラ5のスクリーン17には、焦点距離によって、4画素×4画素であるかもしれないし、8画素×8画素であるかもしれない。

【0089】そこで、本発明に係る対応点探索方法を用いて、焦点距離の異なる第1のカメラ4と第2のカメラ5により撮影されたスクリーン14とスクリーン17上の二つの画像間における対応点を求める。

【0090】すなわち、この対応点探索方法は、基準となる第1のカメラ4と他の第2のカメラ5によって同一の物体を撮影し、第1のカメラ4のスクリーン14上の投影像に一致する第2のカメラ5のスクリーン17上の対応点を探索する対応点探索方法であり、上記第2のカメラ5のスクリーン17上での対応点の候補を中心とした切り出しブロックの大きさを、上記第1のカメラ4と上記第2のカメラ5との焦点距離の比により変えてから、上記第1のカメラ4のスクリーン14上での投影像を中心とした切り出しブロックと同じ大きさに調整し、二つのブロック間における対応の度合いを求めることで、上記スクリーン17上の対応点を探す。

【0091】最終的には、図9の各エピポーラライン $20f_1$ 、 $20f_2$ 、 $20f_3$ …上を、第1のカメラ4のスクリーン14上の点(a, b)と同じ画像データである部分を探索する。つまり、例えば、第1のカメラ4のスクリーン14の点(a, b)を中心として4画素×4画素というブロックを取り出す。このブロックに写っている画像データと同じ部分を、エピポーラライン $20f_1$ 、 $20f_2$ 、 $20f_3$ …上の各点から1つ選び出す。これが探索である。

【0092】ここで、例えば、これらエピポーラライン $20f_1$ 、 $20f_2$ 、 $20f_3$ …の内、焦点距離が $f_2$ である場合のエピポーラライン $20f_2$ について考えてみる。第1のカメラ4の焦点距離を $f$ とすると、第1のカメラ4のスクリーン14上の4画素×4画素に投影された物体は、第2のカメラ5のスクリーン17上の $(4 \times f_2 / f)$ 画素 $\times (4 \times f_2 / f)$ 画素に投影される。従って、エピポーラライン $20f_2$ 上を探索している時は、 $(4 \times f_2 / f)$ 画素 $\times (4 \times f_2 / f)$ 画素を取り出して、マッチングを取るようになる。

【0093】これを一般化すると以下ようになる。焦点距離が $f_i$ である場合のエピポーラライン $20f_i$ 上に、第1のカメラ4のスクリーン14の位置(a, b)を中心とした4画素×4画素のブロックと相関の強い部分があるかを調べる。このとき、エピポーラライン $20f_i$ 上の各点を中心として、 $(4 \times f_i / f)$ 画素 $\times (4 \times f_i / f)$ 画素を切り出して、縮小あるいは拡大して4画素×4画素のブロックを作成する。そして、作成されたブロックと、第1のカメラ4のスクリーン14の点

(a, b)を中心とした4画素×4画素のブロックとの相関を調べる。相関が高ければ、それが求める点である。もし、相関の高い点がなければ、別の焦点距離に対応するエピポーラライン上の各点で、同様にブロックマッチングを行っていき、最終的に、相関の高い点を求めることが出来る。

【0094】図10を用いて、4画素×4画素のブロックの作成方法を再度、説明する。図中第1のカメラ4のスクリーン14の点(a, b)を中心とした4画素×4画素のブロック21に対して、第2のカメラ5のスクリーン17上の、エピポーラライン $20f_i$ 上のある点を中心とした $(4 \times f_i / f)$ 画素 $\times (4 \times f_i / f)$ 画素であるブロック22を、拡大あるいは縮小して、4画素×4画素のブロック23を作成する。この拡大あるいは縮小は、画像の拡大縮小であり、周知の通りであり、ここではその詳細を省略する。

【0095】ここまでの説明では、ブロックの大きさとして4画素×4画素にしていたが、これ以外の大きさでも良い。また、ブロックマッチング以外にも、例えば、形状のマッチングを調べて、対応点を探すことなども考えられるが、この場合でも、 $f_i / f$ に拡大または縮小して探索すれば良い。

【0096】今、第1のカメラ4のスクリーン14の点(a, b)と対応する点を第2のカメラ5のスクリーン17上で求めることで、第2のカメラ5の焦点距離を求めているが、第1のカメラ4のスクリーン14の別の点についても同様に行い、第2のカメラ5の焦点距離を求めることも出来る。このように第1のカメラ4のスクリーン14の複数の点から焦点距離を算出した場合は、例えば、これら算出結果から最小二乗法などにより、最も確からしい第のカメラ5の焦点距離を求めることも出来る。

【0097】このようにして、本発明に係る焦点距離検出方法並びに対応点探索方法を適用することで、第2のカメラ5の焦点距離を求めることが可能である。

【0098】ところで、上記3次元位置情報検出装置のキャリブレーションデータ格納部12には、既に図1に示したキャリブレーション装置によって得られたキャリブレーションデータが格納されている。上記対応点探索方法と上記焦点距離検出方法を適用して焦点距離が求めれば、上記キャリブレーションデータ格納部12から、その焦点距離である場合の、第2のカメラ5のスクリーン17の各点と、ワールド座標系における直線との対応関係は求まっているので、固定焦点距離のステレオカメラと考えて、各物体までの3次元位置を測定することが出来る。

【0099】なお、上記図5に示した3次元位置情報検出装置は、1つの固定焦点距離のカメラである第1のカメラ4と、1つのズーム機能付きカメラである第2のカメラ5より成るステレオカメラ8を使用した、本発明

に係る3次元位置情報検出方法及び装置は、複数の固定焦点距離のカメラと、一つのズーム機能付きカメラよりなるステレオカメラを用いてもよい。

【0100】図11には、例えば二つの固定焦点距離のカメラと、一つのズーム機能付きカメラとから構成したステレオカメラ25を用いた3次元位置情報検出装置の構成を示す。二つの固定焦点距離のカメラを第1のカメラ4、第3のカメラ7とする。この第1のカメラ4と第3のカメラ7の間に挟まれた一つのズーム機能付きカメラを第2のカメラ5とする。

【0101】この3次元位置情報検出装置は、第1のカメラ4と、第2のカメラ5と、第3のカメラ7よりなるステレオカメラ25と、このステレオカメラ25からの画像データを蓄積する画像データ蓄積部26と、この画像データ蓄積部26からの各画像データから最終的に物体9までの3次元位置情報を演算する演算部27と、図3に示したキャリブレーション装置により得られたキャリブレーションデータを格納しているキャリブレーションデータ格納部28と、制御部29とを備えてなる。

【0102】キャリブレーションデータ格納部28に格納されているキャリブレーションデータは、図3に示したキャリブレーション装置によって、予め第1のカメラ4のスクリーンの各点と、ワールド座標系における直線との対応関係、第2のカメラ5の各焦点距離の場合の、第2のカメラ5のスクリーンの各点と、ワールド座標系における直線との対応関係、第3のカメラ7のスクリーンの各点と、ワールド座標系における直線との対応関係を求めて得られたキャリブレーションデータである。このキャリブレーションデータには、第2のカメラ5の各焦点距離の場合の、ワールド座標系における直線との対応関係を示すデータが含まれるので、第2のカメラ5の各焦点距離が分かれば、上記物体までの3次元位置情報を求めることができる。

【0103】しかし、ステレオカメラ25を用いて、幾つかの物体を撮影した時、第2のカメラ5の焦点距離は不明である。この焦点距離を求めるため、この3次元位置情報検出装置でも、本発明に係る焦点距離検出方法を用いて、画像処理により焦点距離を求めるようにしている。

【0104】先ず、第1のカメラ4と第3のカメラ7を1つのステレオカメラとみなして、第1のカメラ4と第3のカメラ7のスクリーンに写っている物体の3次元位置を測定する。第1のカメラ4のスクリーンには、点(a, b)が写っているとすると、この物体9の位置は、第1のカメラ4と第3のカメラ7より分かるので、その位置を図12上で(e, f, g)とする。次に、この物体9の第2のカメラ5のスクリーン17への投影像の位置を調べる。

【0105】焦点距離が $f_1$ であるとしたときの、第2のカメラ5のスクリーン17の各位置に対応するワール

ド座標系における直線も、図3に示したキャリブレーション装置によるキャリブレーションにおいて求まっている。従って、これら直線の内、上記ワールド座標における座標位置(e, f, g)を通過する、直線30を選び出すことが可能である。この選び出された直線30に対応する、第2のカメラ5のスクリーン17の位置を( $cf_1$ ,  $df_1$ )とする。

【0106】同じようにして、第2のカメラ5のスクリーン17上での、焦点距離が $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$ , ... であるとしたときの、前記座標位置(e, f, g)を通過する、直線を選び、さらに、それら直線に対応する第2のカメラ5のスクリーン17の位置を求める。求めた結果は、図13のようになる。図13において、焦点距離が $f_1$ であると仮定したときに、物体9が投影される位置は( $cf_1$ ,  $df_1$ )である。また、焦点距離が $f_2$ であると仮定したときに、物体9が投影される位置は( $cf_2$ ,  $df_2$ )である。焦点距離が $f_3$ であると仮定したときに、この物体が投影される位置は( $cf_3$ ,  $df_3$ )である。他も同様である。

【0107】つまり、第2のカメラ5の焦点距離に応じて、図13上の( $cf_1$ ,  $df_1$ )、( $cf_2$ ,  $df_2$ )、( $cf_3$ ,  $df_3$ )... のいずれかの位置に投影されるはずである。従って、第1のカメラ4のスクリーン上の位置(a, b)と同じ画像データを、第2のカメラ5のスクリーンの内、( $cf_1$ ,  $df_1$ )、( $cf_2$ ,  $df_2$ )、( $cf_3$ ,  $df_3$ )... を含む線上31にのみ探索すれば良い。上記図5に示した3次元位置情報検出装置では、2次元上を探索しなくてはならなかったが、この図11に示す3次元位置情報検出装置は、1次元上のみを探索すれば良い。

【0108】この探索は、本発明に係るブロックマッチング検出方法を適用して、ブロックの大きさを変えて、探索する。つまり、図13上にあって焦点距離が $f_1$ であると仮定したときに得られた位置( $cf_1$ ,  $df_1$ )に対応点があるかを調べるときには、その位置を中心として、 $(4 \times f_1 / f)$ 画素 $\times (4 \times f_1 / f)$ 画素を切り出して、縮小あるいは拡大して4画素 $\times$ 4画素のブロックを作成する。そして、作成されたブロックと、第1のカメラ4のスクリーンの位置(a, b)を中心とした4画素 $\times$ 4画素のブロックとの相関を調べる。相関が高ければ、それが求める点である。もし、相関の高い点でなければ、別の焦点距離に対応する点( $cf_2$ ,  $df_2$ )、( $cf_3$ ,  $df_3$ )、... を調べれば良い。そして、最終的に、相関の高い点を求めることが出来る。この相関の強い点に対応する焦点距離が、求める第2のカメラ5の焦点距離である。

【0109】今、第1のカメラ4のスクリーンの位置(a, b)と対応する点を求めることで、焦点距離を求めていたが、第1のカメラ4のスクリーンの別の点についても同様に行い、焦点距離を求めることも出来る。こ

10

20

30

40

50

のように複数の点から焦点距離を算出した場合は、例えば、これら算出結果から最小二乗法などにより、最も確からしい焦点距離を求めることも出来る。

【0110】このようにして、図 11 に示した 3 次元位置情報検出装置では、第 2 のカメラの焦点距離を求めることが可能である。焦点距離が求まれば、キャリブレーションの段階で、その焦点距離である場合の、第 2 のカメラ 5 のスクリーン 17 の各点と、ワールド座標系における直線との対応関係は求まっているので、従来と同様に、固定焦点距離のステレオカメラと考えると、各物体までの 3 次元位置を測定することが出来る。

【0111】なお、上記図 5 及び図 11 に示した 3 次元位置情報検出装置によれば、カメラに写っている物体の 3 次元位置の情報を得ると共に、第 2 のカメラの画像データを出力することで、同時に、それら物体を、自分の意図する焦点距離で撮影した画像データも得ることが出来る。

【0112】また、本発明の出願人は、平成 9 年 3 月 26 日に出願した、特願平 0 9 - 7 3 2 0 2 号明細書、

「キャリブレーション方法及びキャリブレーション装置、並びに補正方法及び補正装置」により、正方格子模様が書かれた平板がスライド方向に対して垂直に設置できない場合に、その補正を行う方法に関する技術を開示しているが、本発明においても、この技術を使用し、より正確にキャリブレーションを行うことが可能である。

【0113】また、上記対応点探索方法は、演算部 11 及び 27 で制御部 13 及び 29 の制御により実行される。よって、演算部 11 及び 27 を対応点探索装置として、固定焦点距離の第 1 のカメラ 4 及び第 3 のカメラ 7 の 2 次元座標系上の投影像に一致する可変焦点距離の第 2 のカメラの 2 次元座標系上の対応点を探索するためにだけ用いてもよい。

【0114】また、上記焦点距離検出方法も、演算部 11 及び 27 で制御部 13 及び 29 の制御により実行される。よって、演算部 11 及び 27 を焦点距離検出装置として、可変焦点距離の第 2 のカメラ 5 により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 2 の投影像を第 1 のカメラ 4 及び第 3 のカメラ 7 から得られる投影像に対しての相関を算出して探索し、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を算出するためにだけ用いてもよい。

【0115】また、上記対応点探索方法を実行するため、演算部 11 及び 27 は、記録媒体から処理手順を逐次取り出し、制御手段 13 及び 29 の制御により実行する。ここで、記録媒体は、演算部 11 内部又は外部にあって、第 2 のカメラ 5 の 2 次元座標系上での対応点の候補を中心とした切り出しブロックの大きさを第 1 のカメラ 4 と第 2 のカメラ 5 との焦点距離の比により変える工程と、上記可変とされた切り出しブロックを上記第 1 のカメラ 4 の 2 次元座標系上での投影像を中心とした切り

出しブロックと同じ大きさに調整する工程と、この調整ブロックと上記投影像を中心とした切り出しブロック間における対応の度合いを求める工程とを有する処理手順を記録している。

【0116】また、上記焦点距離検出方法を実行するため、演算部 11 及び 27 は、記録媒体から処理手順を逐次取り出し、制御手段 13 及び 29 の制御により実行する。ここで、記録媒体は、演算部 11 及び 27 の内部又は外部にあって、第 2 のカメラ 5 により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 2 の投影像を第 1 のカメラ 4 により得られた第 1 の投影像に対しての相関を算出して探索する工程と、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求める工程とを有する処理手順を記録している。

【0117】また、上記 3 次元座標位置検出方法を実行するため、演算部 11 及び 27 は、記録媒体から処理手順を逐次取り出し、制御手段 13 及び 29 の制御により実行する。ここで、記録媒体は、演算部 11 及び 27 の内部又は外部にあって、第 2 のカメラ 5 により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 2 の投影像を第 1 のカメラ 4 により得られた第 1 の投影像に対しての相関を算出して探索する工程と、その探索結果から上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求める工程と、この焦点距離より上記物体の 3 次元位置を検出する工程とを有する処理手順を記録している。

【0118】

【発明の効果】本発明に係るキャリブレーション方法によれば、焦点距離が可変である撮像装置のキャリブレーションを実現できる。

【0119】また、本発明に係る対応点探索方法及び装置は、焦点距離が異なる撮像装置間での 2 次元座標系上での物体の投影像の一致を検出できる。

【0120】また、本発明に係る焦点距離検出方法及び装置は、固定焦点距離のレンズを備えた第 1 の撮像装置と可変焦点距離のレンズを備えた第 2 の撮像装置により同一物体を撮影し、上記第 1 の撮像装置により物体を撮像して得られた 2 次元座標系上の第 1 の投影像に基づいて、上記第 2 の撮像装置の焦点距離を求めることができる。

【0121】また、本発明に係る 3 次元位置情報検出方法及び装置によれば、固定焦点距離のレンズを備えた第 1 の撮像装置と可変焦点距離のレンズを備えた第 2 の撮像装置とにより同一の物体を撮影し、この物体の 3 次元座標系での位置を検出できる。

【0122】また、この 3 次元位置情報検出方法及び装置によれば、ズームレンズに特殊な装置を付けなくても、現在の焦点距離を検出でき、これにより対象物体の 3 次元情報を得ると共に、意図する焦点距離で撮影した画像データも同時に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るキャリブレーション方法の実施の形態となるキャリブレーション装置の斜視図である。

【図2】図1に示したキャリブレーション装置で平板をスライドさせた様子を示す図である。

【図3】他の実施の形態となるキャリブレーション装置の斜視図である。

【図4】図3に示したキャリブレーション装置で平板をスライドさせた様子を示す図である。

【図5】本発明に係る3次元位置情報検出方法及び装置の実施の形態となる3次元位置情報検出装置のブロック図である。

【図6】上記図5に示した3次元位置情報検出装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【図7】上記図5に示した3次元位置情報検出装置で焦点距離を求めるための対応点の選択を説明するための図である。

【図8】上記図5に示した3次元位置情報検出装置で焦点距離を求める方法を説明するための図である。

【図9】上記図5に示した3次元位置情報検出装置で焦点距離を求めるために必要とするエピソードラインを示す図である。

【図10】上記図5に示した3次元位置情報検出装置で行われるブロックマッチングを説明するための図である。

【図11】本発明に係る3次元位置情報検出方法及び装\*

\*置の他の実施の形態となる3次元位置情報検出装置のブロック図である。

【図12】上記図11に示した3次元位置情報検出装置で焦点距離を求めるための原理を説明するための図である。

【図13】上記図11に示した3次元位置情報検出装置で焦点距離を求める方法を説明するための図である。

【図14】従来の3次元位置情報検出装置となるステレオカメラシステムの外観斜視図である。

【図15】上記図14に示したステレオカメラシステムにて二つのカメラをスライドさせた様子を示す図である。

【図16】上記図14に示したステレオカメラシステムにて平板をスライドさせた様子を示す図である。

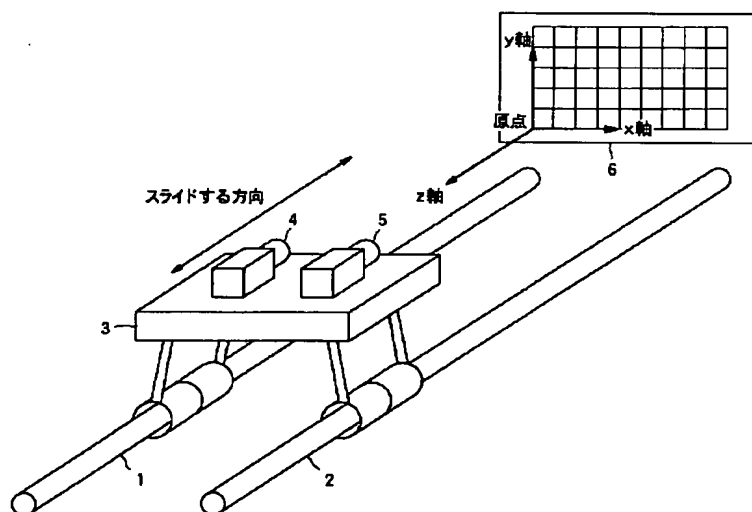
【図17】所定の直線上の点が、スクリーンの所定の位置に投射される様子を示す図である。

【図18】上記図14に示したステレオカメラシステムにて物体の3次元上の位置を求める方法を説明するための図である。

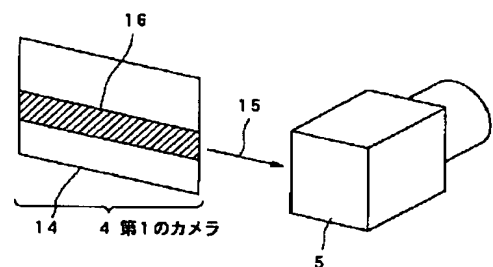
【符号の説明】

4 固定焦点距離のレンズを用いたカメラ、3 台車、5 可変焦点距離のレンズを用いたカメラ、6 正格子模様の付いた平板、8 ステレオカメラ、10 画像データ蓄積部、11 演算部、12 キャリブレーションデータ格納部、13 制御部

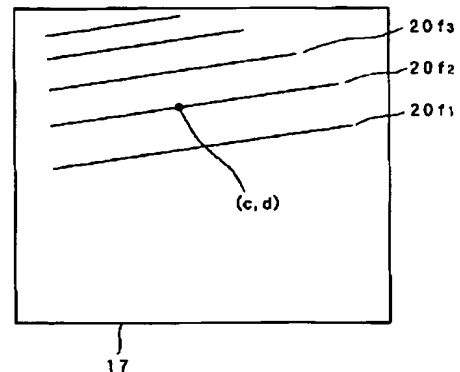
【図1】



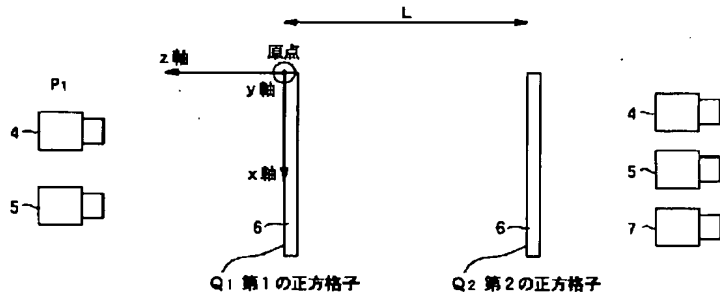
【図7】



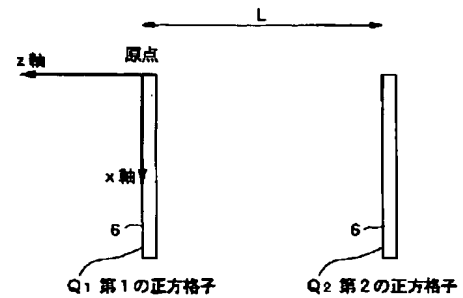
【図9】



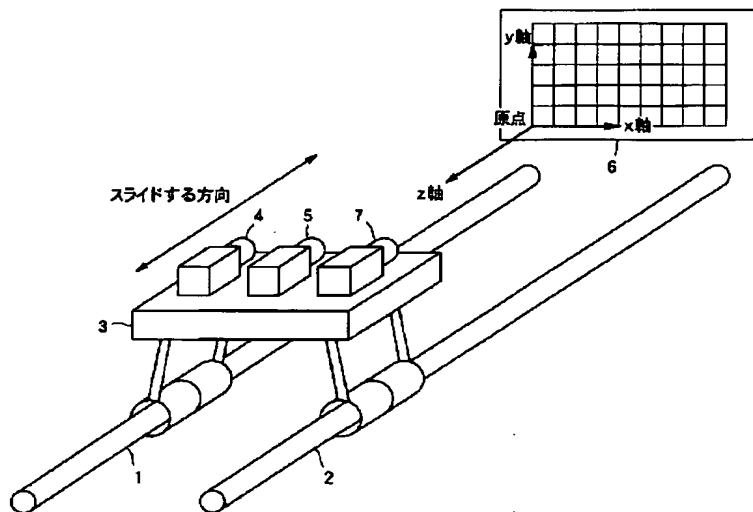
【図2】



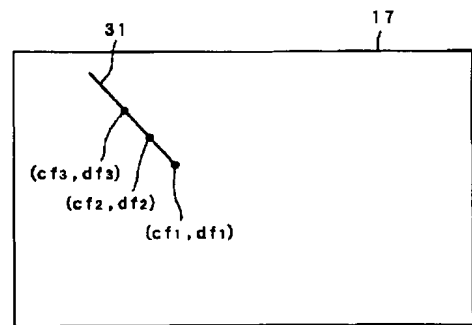
【図4】



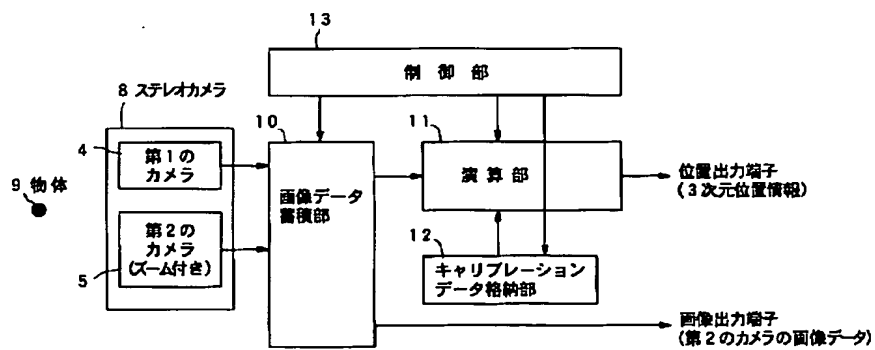
【図3】



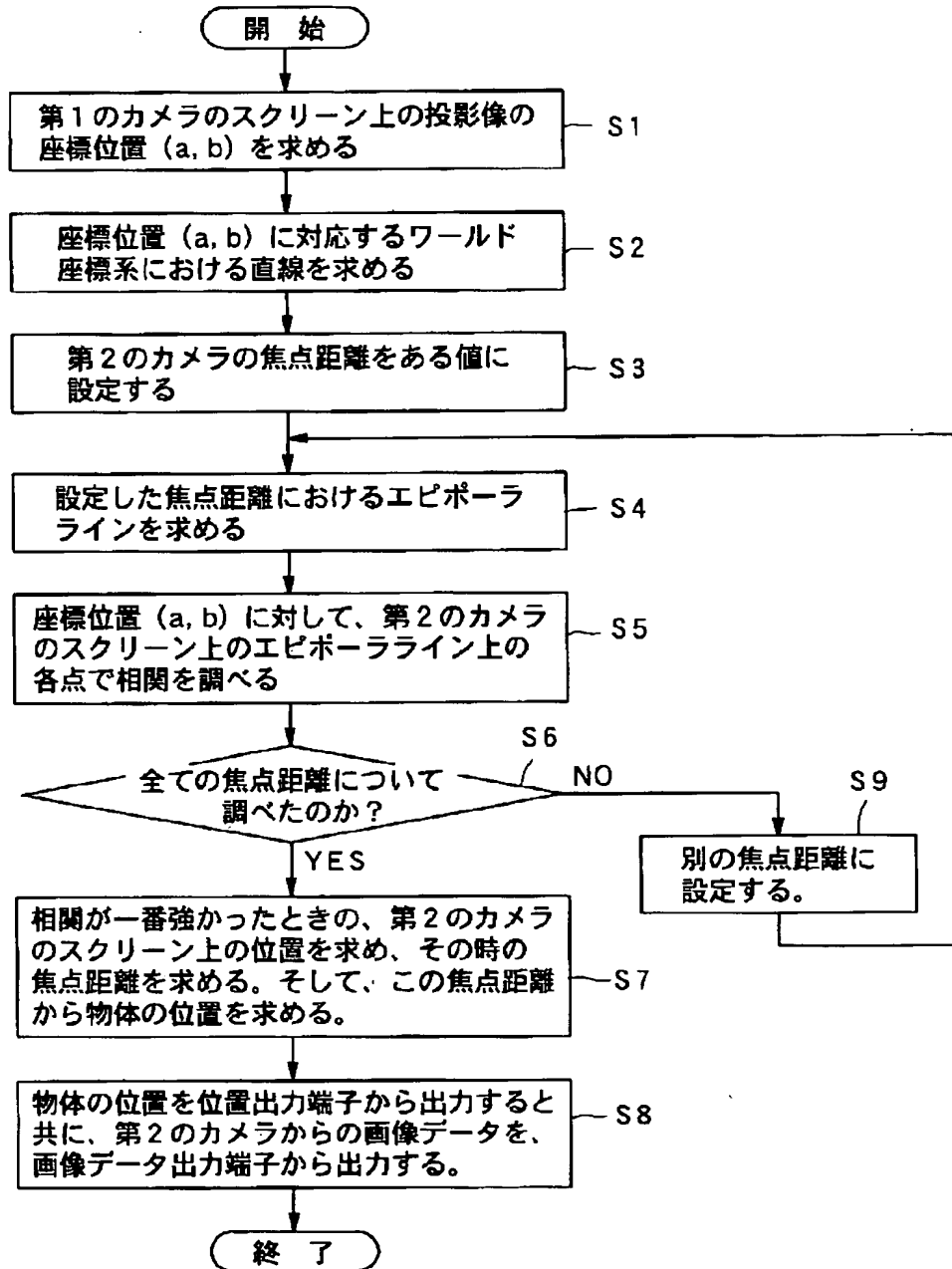
【図13】



【図5】

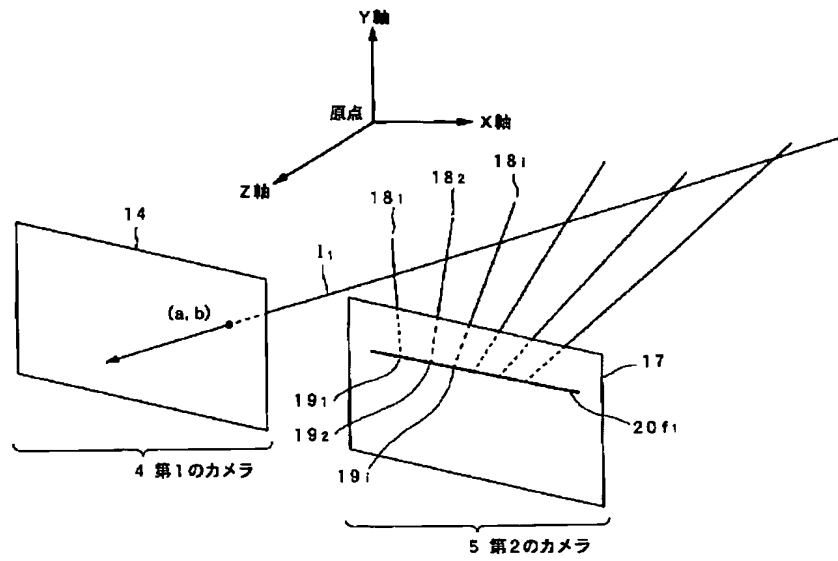


【図6】

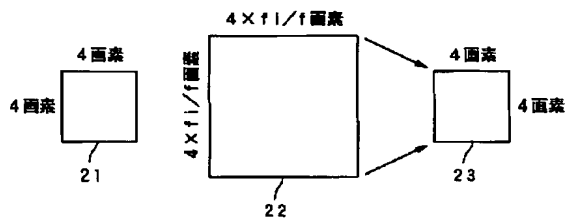




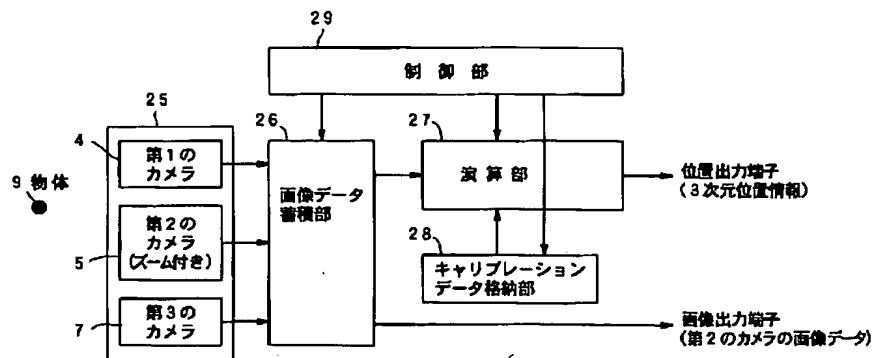
【図8】



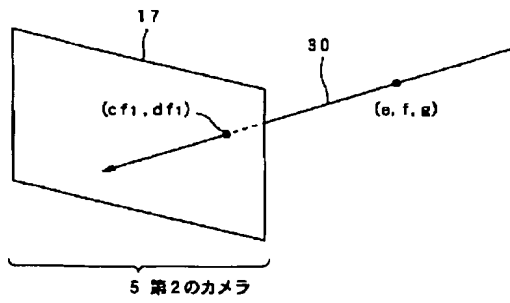
【図10】



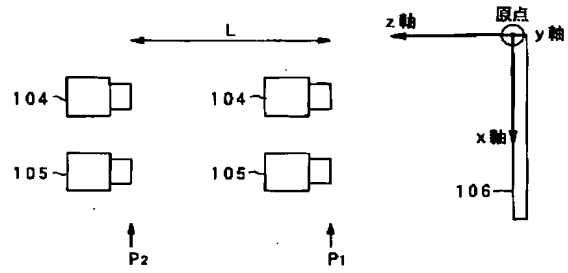
【図11】



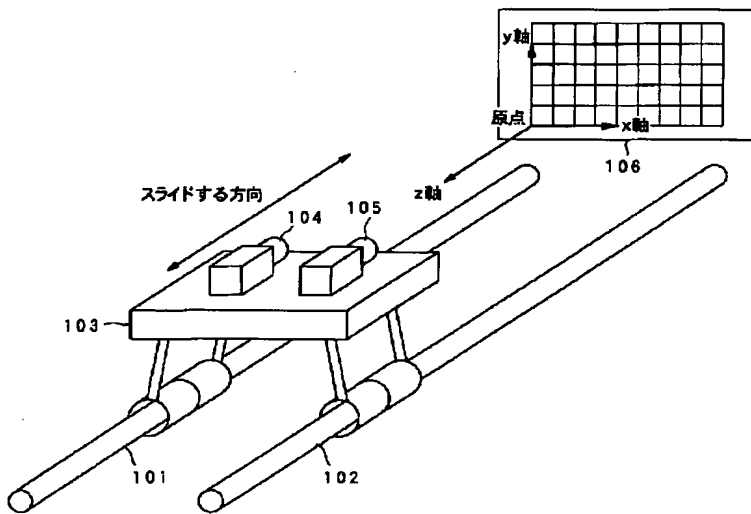
【図12】



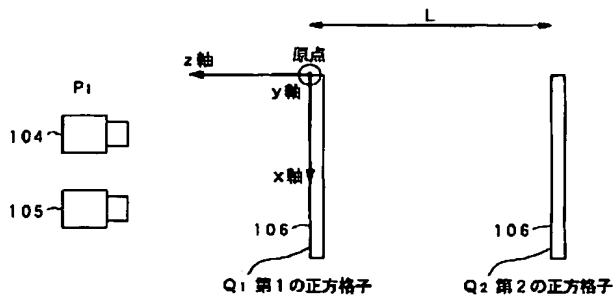
【図15】



【図14】



【図16】



(72)発明者	永野 秀敏	
	東京都品川区東五反田3丁目14番13号	株
	式会社ソニー木原研究所内	
(72)発明者	石井 隆寛	
	東京都品川区東五反田3丁目14番13号	株
	式会社ソニー木原研究所内	
(72)発明者	野崎 隆志	
	東京都品川区東五反田3丁目14番13号	株
	式会社ソニー木原研究所内	